



Determinação da Eficiência de Uso da Água na Parcela de Irrigação, no Perímetro Irrigado Califórnia, em Sergipe

Julio Roberto Araujo de Amorim¹

Ronaldo Souza Resende²

Marcus Aurélio Soares Cruz³

Luís Henrique Basso⁴

José Gomes Silva Filho⁵

O Perímetro Irrigado Califórnia localiza-se no município de Canindé de São Francisco, Mesorregião do Alto Sertão Sergipano e extremo noroeste do Estado de Sergipe (Figura 1). Está em operação desde ano 1987 e possui uma área de 3.980 ha, com 333 lotes, incluindo-se os irrigados e os dependentes de chuva (SERGIPE, 2004).

Os solos predominantes na área do perímetro são Luvisolo, Neossolo Litólico eutrófico, Vertissolos, Cambissolos eutróficos e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico (COHIDRO, 2001). A classificação climática, segundo Köppen, é do tipo Bssh, clima muito quente, semiárido, tipo estepe, com estação chuvosa centrada nos meses de abril, maio e junho. A precipitação pluviométrica média anual da região é de 483,9 mm e a temperatura média do ar está compreendida entre as isotermas 25 e 26 °C, as temperaturas mínimas mensais entre 18 e 22 °C e as máximas mensais compreendidas entre 28 e 34 °C (CAVALCANTI et al., 2006; SOUZA et al., 2009).

As principais culturas agrícolas exploradas pelos produtores irrigantes no perímetro são acerola, banana, goiaba, manga, graviola, abóbora, aipim, amendoim, feijão-de-corda, milho, quiabo e tomate.

A área irrigada no perímetro pelo sistema localizado de microaspersão aumentou consideravelmente nos últimos três anos, passando de 71 ha, em 2007, para 306 ha, atualmente, segundo Silva Filho (2010). No entanto, a maioria dos lotes do Perímetro Irrigado Califórnia ainda utiliza o método de irrigação por aspersão convencional, representando aproximadamente 80% da área dos lotes irrigados, com baixa eficiência de aplicação de água, devido a vazamentos, à falta de manutenção dos sistemas de irrigação e ao manejo inadequado da irrigação.

Para determinação da eficiência de uso da água em nível de lote ou parcela de irrigação, avaliou-se o nível de atendimento da demanda hídrica (NAD) das culturas

¹Engenheiro-agrônomo, M. Sc. em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, jramorim@cpatc.embrapa.br.

²Engenheiro-agrônomo, D. Sc. em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, ronaldo@cpatc.embrapa.br.

³Engenheiro-civil, D. Sc. em Recursos Hídricos, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, mascrus@cpatc.embrapa.br.

⁴Engenheiro-agrônomo, D. Sc. em Ciências, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, lhassoi@cpatsa.embrapa.br.

⁵Engenheiro-agrônomo, Especialista em Irrigação e Drenagem, técnico da Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe (Emdagro), Canindé de São Francisco, SE, sillvva@bol.com.br.

em função do manejo de irrigação e do nível tecnológico (NT) adotados em nove lotes selecionados, instalados em áreas de solos representativos no Perímetro Irrigado Califórnia.

Na entrada de cada um dos nove lotes, instalou-se um hidrômetro do tipo Woltmann, visando medir a oferta de água às culturas implantadas ou o volume (vazão) utilizado por cada lote durante o período de avaliação.

O monitoramento, efetuado com frequência semanal para anotação das leituras dos volumes de água consumidos e registrados nos hidrômetros instalados, foi realizado em dois ciclos de cultivo irrigado ou épocas de irrigação (CC),

correspondentes ao período que se estende de setembro a março, sendo um relativo ao ciclo de 2008/2009 (CC1) e outro ao de 2009/2010 (CC2).

Os lotes monitorados foram definidos levando-se em consideração a técnica do irrigante, desde que os lotes se encontrassem dentro de classes de solo semelhantes. Os níveis tecnológicos foram estratificados em três categorias: 1) alto (NT1), 2) médio (NT2) e 3) baixo (NT3), com grupo de três lotes para cada nível, resultando em um total de nove lotes: L1 (5S-10/7-1), L2 (5N-03/3-1), L3 (5N-03/3-1), L4 (5S-11/7-1), L5 (1SE-11/7-2), L6 (2S-02/7-1), L7 (1E-02/6), L8 (6N-02/4-2) e L9 (3NE-03/3-1), conforme pode se observar na Figura 2.

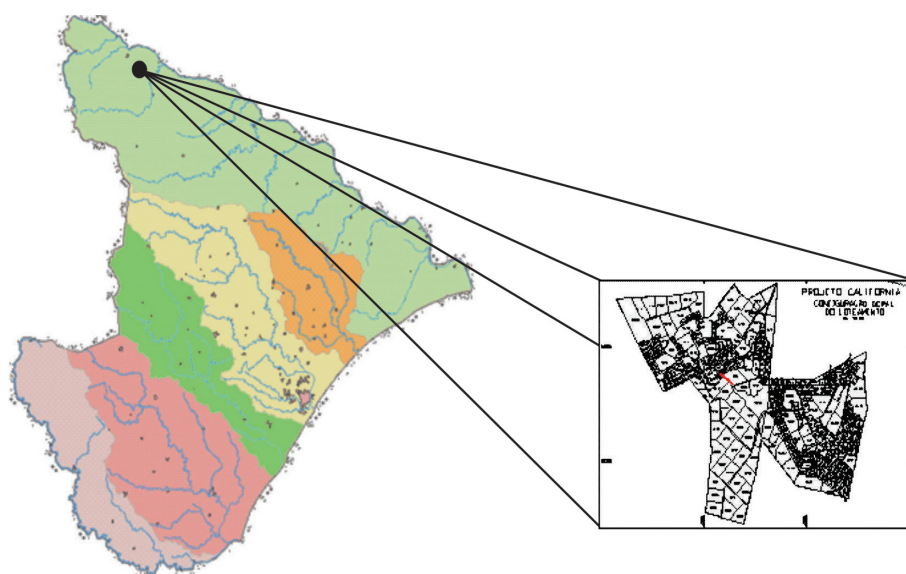


Figura 1. Localização do Perímetro Irrigado Califórnia em Canindé de São Francisco, Sergipe.

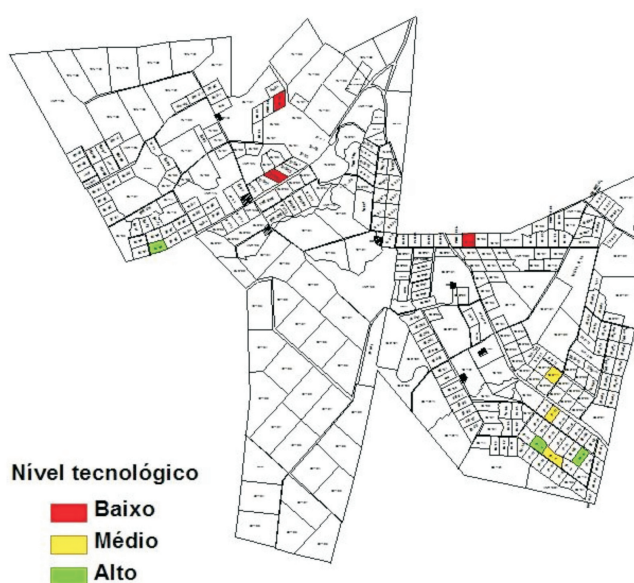


Figura 2. Distribuição dos nove lotes na área do Perímetro Irrigado Califórnia, segundo o nível tecnológico do produtor irrigante.

Com base nas leituras dos hidrômetros, em intervalos semanais, foram calculados os volumes de água aportados (m^3), em cada decêndio, nos dois ciclos de cultivo avaliados e, em seguida, comparados às estimativas das demandas hídricas das culturas em cada lote, obtidas a partir da evapotranspiração das culturas (ET_c). Com base na evapotranspiração de referência (ET_o), a ET_c foi determinada e expressa em m^3 , por decêndio.

A ET_o , por sua vez, foi estimada pelo método do tanque Classe A (ALLEN et al., 1998; ALBUQUERQUE, 2008; GOMIDE; MAENO, 2008), utilizando-se os valores de altura da lâmina evaporada obtidos, assim como os dados climatológicos coletados na estação agrometeorológica convencional pertencente à Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e de Irrigação de Sergipe – COHIDRO instalada próximo à área do perímetro, e a equação desenvolvida por Allen e Pruitt (1991) para determinação do coeficiente de ajuste do tanque evaporimétrico (K_p), em condições de solo com cobertura de grama verde servindo de bordadura.

Para o cálculo da ET_c , foram utilizados coeficientes de cultura (K_c) específicos para cada cultura e estágio de desenvolvimento, conforme recomendações da literatura (DOORENBOS; KASSAM, 1994; ALLEN et al., 1998; ALBUQUERQUE, 2008) e informações locais, obtidas com técnicos da COHIDRO para algumas culturas.

O requerimento hídrico das culturas é definido como a lâmina de água (mm) necessária para atender ao consumo de água por evapotranspiração (ET_c) de uma cultura sadia (livre de doença), cultivada em campo aberto em condições de solo sem nenhuma restrição, sobretudo de água e fertilidade do solo, que permitam atingir o potencial de produção pleno em um dado ambiente de cultivo (PEREIRA; ALVES, 2005).

Os níveis de atendimento da demanda hídrica das culturas, expressos em porcentagem, bem como os valores de áreas cultivadas ativas (ACA), em hectare, por lote (L), nível tecnológico (NT) e ciclo de cultivo (CC) para os nove lotes avaliados no Perímetro Irrigado Califórnia são apresentados nas Tabelas 1 e 2, e nas Figuras 3, 4, 5 e 6.

Com base na análise dos resultados do NAD, avaliou-se o efeito da relação entre a oferta ou volume de água medido nos hidrômetros e a demanda de água das culturas em função da ET_c calculada e transformada em lâmina bruta, adotando-se uma eficiência de irrigação de 75% (BROUWER et al., 1989; BRITO, 2008), para cada lote, considerando-se que o sistema de irrigação por aspersão convencional predomina no perímetro.

Na Tabela 1, verifica-se que o nível de atendimento da demanda hídrica das culturas (NAD) médio, obtido para o ciclo de cultivo irrigado de 2008/2009 (CC1), foi o menor

para o lote L8 (83%) e, o maior para o L7 (234%), sendo ambos classificados como de nível tecnológico baixo (NT3). Isso significa que as culturas do lote L8, provavelmente, sofreram um déficit de água médio equivalente a 27% de suas necessidades hídricas, enquanto as do lote L7 receberam um excesso de aplicação de água médio de 134%. Essa água, além de ser desperdiçada, pode ter contribuído para o escoamento superficial que provoca erosão laminar e encharcamento nas áreas baixas do solo, bem como a lixiviação de nutrientes por percolação profunda. Pode, ainda, provocar acúmulo de sais na superfície do solo pelos processos de ascensão capilar e evaporação da água.

O NAD médio apresentou valores adequados para os lotes L3 (106%) e L4 (101%) dos níveis tecnológicos (NT1) e (NT2), respectivamente. Esses valores estão próximos de 100%, situação em que não é aplicada nenhuma quantidade de água além daquela necessária para atender totalmente à demanda hídrica das culturas e às perdas normais relativas à eficiência dos sistemas de irrigação (assumida como 75%).

Entre os três níveis tecnológicos, o menor desperdício de água foi observado para o NT1 (NAD médio de 123%), com 23% de água aplicada em excesso. No entanto, o valor do NAD médio obtido para o ciclo CC1 foi de 160%, evidenciando uma situação preocupante, sobretudo quando se pretende fazer um manejo da irrigação visando à economia de água e ao uso sustentável dos recursos hídricos e de solo, que são afetados pelos problemas provocados pelo manejo inadequado da irrigação.

Em quase todos os lotes avaliados, no ciclo de cultivo de 2009/2010 (CC2), excetuando-se os lotes L3 e L8, verifica-se que houve redução expressiva do nível de atendimento da demanda hídrica das culturas (Tabela 1), justificada pelo aumento da área cultivada ativa (ACA), como ilustrado na Figura 3, e principalmente pela instalação, por parte da gerência do perímetro irrigado, de placas de orifício (redutores de vazão) nos hidrantes dos lotes dos setores 4, 6 e 7, visando à redução ou controle do volume de água fornecido aos lotes, para que estes não usem vazões maiores do que a vazão de projeto. Com exceção dos lotes L3, L5 e L9, cujos valores de NAD médio foram respectivamente de 127%, 110% e 196%, superiores ao valor desejável de 100%, equivalente a uma eficiência de irrigação de 75%, os demais lotes apresentaram valores inferiores ao NAD adequado. Essa redução no nível de atendimento da demanda hídrica dos lotes indica um comportamento inverso ao verificado no ciclo CC1 e pode também ser explicada pelos mesmos fatores citados anteriormente. Apesar da considerável redução verificada para a maioria dos lotes avaliados no ciclo de cultivo CC2, observa-se, pelos valores de NAD médio para os lotes L2 e L9, dos níveis tecnológicos NT1

(alto) e NT3 (baixo), que estes valores foram o menor (49%) e o maior (196%) obtidos, respectivamente, implicando, por um lado, que houve aplicação de água deficiente, resultando provavelmente em estresse hídrico e, por outro lado, aplicação excessiva, com baixa eficiência de uso da água, o que representa perdas de água e várias consequências para o meio ambiente.

Considerando-se os três níveis tecnológicos (NT1, NT2 e NT3), o valor de NAD médio para o ciclo CC2 ficou próximo de 100%, revelando o resultado positivo das medidas tomadas pela administração do perímetro para conter o uso excessivo de água nos lotes irrigados;

enquanto a média geral dos valores de NAD obtidos para os dois ciclos de cultivo (CC1 + CC2) foi de aproximadamente 130%, com um valor excedente médio de 30% de água aplica nos lotes avaliados (Tabela 1).

Com base nos resultados apresentados na Tabela 2, verifica-se que o menor valor de área cultivada ativa (ACA) para o ciclo 2008/2009 foi obtido no lote L7 (1,35 ha) e o maior no lote L3 (2,70 ha), representantes dos níveis tecnológicos NT3 e NT1 respectivamente (Figura 3). O valor médio para o ciclo CC1 foi de cerca de 1,90 ha, com o nível tecnológico NT1 apresentando o maior valor médio de ACA (2,11 ha).

Tabela 1. Níveis de atendimento da demanda hídrica (NAD) das culturas médios por lote, em %, nível tecnológico e ciclo de cultivo para nove lotes do Perímetro Irrigado Califórnia.

<i>Ciclo de Cultivo</i>	<i>Nível Tecnológico 1</i>			<i>Nível Tecnológico 2</i>			<i>Nível Tecnológico 3</i>			<i>Média por Ciclo</i>
	<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>L3</i>	<i>L4</i>	<i>L5</i>	<i>L6</i>	<i>L7</i>	<i>L8</i>	<i>L9</i>	
2008/2009 (CC1)	149	113	106	101	200	211	234	83	241	160
	Média por nível tecnológico no ciclo 1									
	123			170			186			
2009/2010 (CC2)	80	49	127	88	110	93	88	95	196	103
	Média por nível tecnológico no ciclo 2									
	85			97			126			
Média por Nível Tecnológico	104			134			156			Média Geral 131

Tabela 2. Áreas cultivadas ativas médias (ha) por lote, nível tecnológico e ciclo de cultivo para nove lotes do Perímetro Irrigado Califórnia.

<i>Ciclo de Cultivo</i>	<i>Nível Tecnológico 1</i>			<i>Nível Tecnológico 2</i>			<i>Nível Tecnológico 3</i>			<i>Média por Ciclo</i>
	<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>L3</i>	<i>L4</i>	<i>L5</i>	<i>L6</i>	<i>L7</i>	<i>L8</i>	<i>L9</i>	
2008/2009 (CC1)	1,51	2,08	2,70	2,00	2,32	1,91	1,35	1,65	1,47	1,89
	Média por nível tecnológico no ciclo 1									
	2,11			2,06			1,48			
2009/2010 (CC2)	1,90	3,40	2,53	2,98	3,74	3,00	2,83	2,16	1,96	2,72
	Média por nível tecnológico no ciclo 2									
	2,61			3,24			2,32			
Média por Nível Tecnológico	2,35			2,66			1,90			Média Geral 2,30

Já para o ciclo 2009/2010, conforme se observa na Tabela 2, houve um aumento significativo das áreas cultivadas ativas (ACA) para a maioria dos lotes, excetuando-se o lote L3, representante do nível tecnológico NT1, que apresentou redução de sua ACA para 2,53 ha, em comparação ao ciclo CC1, que foi de 2,70 ha (Figura 3). O maior valor foi apresentado pelo lote L5 (3,74 ha) e o menor valor, pelo lote L1 (1,90 ha). Entre os níveis tecnológicos, o NT2 apresentou os maiores valores médios de ACA tanto para o ciclo CC2 (3,24 ha) quanto para a média dos dois ciclos (CC1 e CC2) conjuntamente (2,66 ha); enquanto média geral dos valores obtidos, por nível tecnológico e ciclo de cultivo, para área cultivada ativa (ACA) nos nove lotes foi de 2,30 ha.

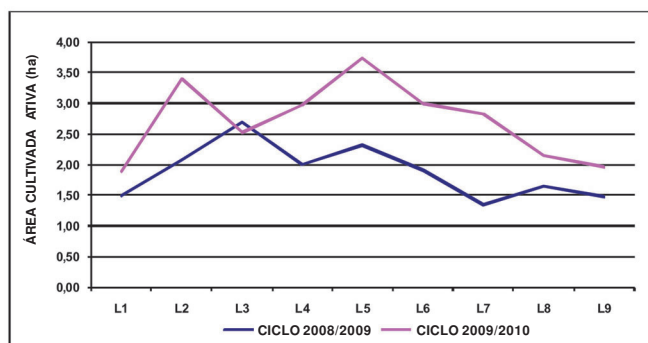


Figura 3. Área cultivada ativa média (ha) em cada um dos nove lotes do Perímetro Irrigado Califórnia, em Canindé de São Francisco, Sergipe, nos ciclos de cultivo irrigado de 2008/2009 e 2009/2010.

Considerando-se os resultados das análises de regressão linear simples, representadas nas Figuras 4, 5 e 6, relativos às relações entre nível de atendimento da demanda hídrica (NAD) das culturas, em %, e áreas cultivadas ativas (ACA), em ha, nos ciclos de cultivo irrigado de 2008/2009 (CC1), de 2009/2010 (CC2) e conjuntamente dos dois ciclos de cultivo (CC1 + CC2), verifica-se que a relação de dependência entre as duas variáveis é inversamente proporcional, ou seja, elas estão negativamente correlacionadas, isso é constatado pelos valores dos coeficientes de correlação linear de Pearson (R) iguais a -0,63, -0,35 e -0,56, que foram obtidos a partir dos coeficientes de determinação (Figuras 4, 5 e 6), indicando, respectivamente, correlações negativas moderada, fraca e moderada.

O coeficiente de determinação de Pearson (R^2), que representa o grau de ajuste da reta ao conjunto de dados analisados, apresentou os seguintes valores para as três relações ilustradas pelas Figuras 4, 5 e 6 : 0,34, 0,20 e 0,32. O coeficiente de determinação representa a proporção de variação total da variável dependente NAD (%) que é explicada pela variação da variável

independente ACA (ha). Portanto, apenas 34%, 20% e 32% da variação do nível de atendimento da demanda hídrica das culturas nos respectivos ciclos de cultivo (CC1, CC2 e CC1 + CC2) são explicados pela variação linear da área cultivada ativa.

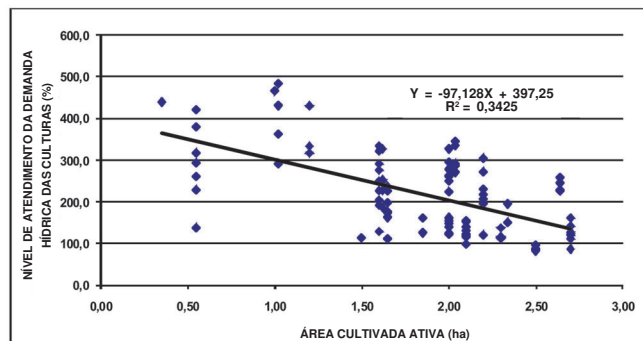


Figura 4. Relação entre Área cultivada ativa (ha) e Nível de atendimento da demanda hídrica das culturas (%) em nove lotes do Perímetro Irrigado Califórnia, em Canindé de São Francisco, Sergipe, no ciclo de cultivo irrigado de 2008/2009.

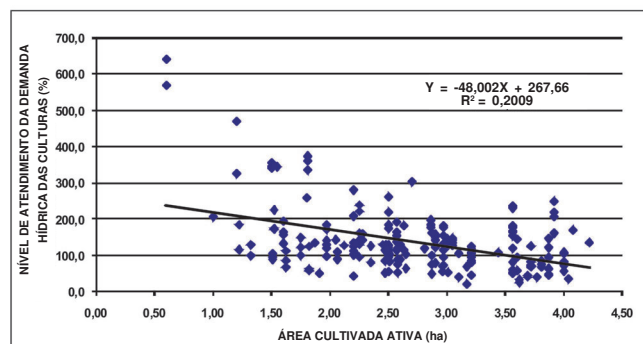


Figura 5. Relação entre Área cultivada ativa (ha) e Nível de atendimento da demanda hídrica das culturas (%) em nove lotes do Perímetro Irrigado Califórnia, em Canindé de São Francisco, Sergipe, no ciclo de cultivo irrigado de 2009/2010.

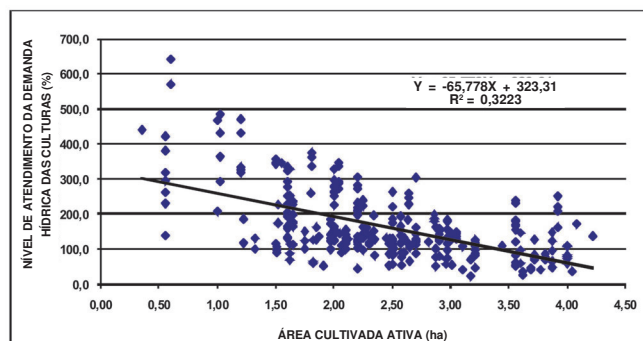


Figura 6. Relação entre Área cultivada ativa (ha) e Nível de atendimento da demanda hídrica das culturas (%) em nove lotes do Perímetro Irrigado Califórnia, em Canindé de São Francisco, Sergipe, conjuntamente nos ciclos de cultivo irrigado de 2008/2009 e de 2009/2010.

Conclusões

1. O nível de atendimento da demanda hídrica das culturas apresenta comportamento mais adequado, com mais eficiência de uso da água, no ciclo de cultivo de 2009/2010 do que no ciclo de 2008/2009.
2. Há um aumento significativo da área cultivada ativa no segundo ciclo de cultivo (2009/2010) em relação ao primeiro (2008/2009).
3. O nível de atendimento da demanda hídrica das culturas diminui proporcionalmente com o aumento da área cultivada ativa, independentemente do ciclo de cultivo considerado.
4. Há uma estreita correlação entre o nível tecnológico do irrigante e a eficiência de uso de água de irrigação.

Agradecimentos

Aos técnicos agrícolas da Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe (COHIDRO), Joaquim Ribeiro dos Santos, Edmilson Cordeiro Bezerra e Antônio Roberto Ramos, pelo auxílio na realização das coletas, e ao CNPq pelo financiamento parcial da pesquisa.

Referências

- ALBUQUERQUE, P. E. P. de. Estratégias de manejo de irrigação. In: ALBUQUERQUE, P. E. P. de; DURÃES, F. O. M. (Ed.). **Uso e manejo de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. cap. 10, p. 249-486.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. et al. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 297 p. (FAO. Irrigation and Drainage, Paper 56).
- ALLEN, R. G.; PRUITT, W. O. FAO-24 reference evapotranspiration factors. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 117, n. 5, p. 758-772, 1991.
- BRITO, R. A. L. Avaliação do desempenho de sistemas e projetos de irrigação. In: ALBUQUERQUE, P. E. P. de; DURÃES, F. O. M. (Ed.). **Uso e manejo de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. cap. 8, p. 401-419.
- BROUWER, C.; PRINS; HEIBLOEM, M. **Irrigation water management: irrigation scheduling**. Roma: FAO, 1989. (FAO. Training manual, 4).
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. de P. R.; SOUSA, F. de A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 140-147, 2006.
- COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E IRRIGAÇÃO DE SERGIPE. **Relatório 2001**. Aracaju, 2001. 34 p.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 33).
- GOMIDE, R. L.; MAENO, P. Requerimento de água pela culturas. In: ALBUQUERQUE, P. E. P. de; DURÃES, F. O. M. (Ed.). **Uso e manejo de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. cap. 5, p. 249-253.
- MANTOVANI, E. C.; ZINATO, C. E.; SIMÃO, F. R. **Manejo de irrigação e fertirrigação na cultura da goiabeira**. Disponível em: <http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras_William/Livrogoiaba_pdf/8_irrigacao.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2010.
- PEREIRA, L. S.; ALVES, I. Crop water requirements. In: HILLEL, D. (Ed.). **Encyclopedia of soils in the environment**. London and New York: Elsevier, 2005. v. 1. cap. 12, p. 322-334.
- PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO SERGIPANO. **Documento Conceptual do Projeto**. Sergipe: Secretaria de Estado da Agricultura e do Desenvolvimento Agrário, 2004.
- SILVA FILHO, J. G. **Comunicado pessoal**. Canindé de São Francisco: COHIDRO, 2010.
- SOUSA, I. F. de; SILVA, V. de P. R. da; SABINO, F. G. et al. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 633-644, 2010.

Comunicado Técnico, 109

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Tabuleiros Costeiros
Endereço: Avenida Beira Mar, 3250, CP 44,
CEP 49025-040, Aracaju - SE.
Fone: (79) 4009-1344
Fax: (79) 4009-1399
E-mail: sac@cpatc.embrapa.br
Disponível em <http://www.cpatc.embrapa.br>
1ª edição (2010)

Comitê de publicações

Presidente: Ronaldo Souza Resende.
Secretária-Executiva: Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues
Membros: Edson Patto Pacheco, Élio César Guzzo, Hymerson Costa Azevedo, Ivênio Rubens de Oliveira, Joézio Luis dos Anjos, Josué Francisco da Silva Junior, Luciana Marques de Carvalho, Semíramis Rabelo Ramalho Ramos e Viviane Talamini.

Expediente

Supervisora editorial: Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues
Tratamento das ilustrações: Bryene Santana de Souza Lima
Editoração eletrônica: Bryene Santana de Souza Lima